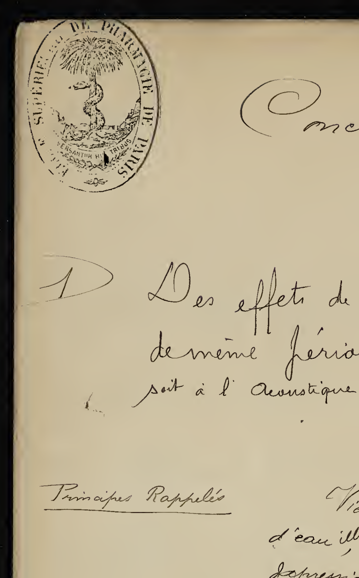


Concours pour le Prix Buignet.

J. Copin

1) Des effets de la Composition des Vibrations de même période — Donner des exemples empruntés soit à l'Acoustique soit à l'Optique.

Principes Rappelés

Vient-on à jeter un corps dans une masse d'eau illimitée, on voit aussitôt se former des ~~cercles~~ dépressions & des élévations circulaires formant des ondes liquides ayant le point de chute pour centre, & s'éloignant de ce centre en s'agrandissant de plus en plus. Mais on constate aussi qu'il n'y a pas production d'un mouvement de translation. Ce mouvement vibratoire se transmet de proche en proche aux molécules voisines

Si au lieu d'un seul choc on vient à frapper l'eau, en un même point, d'une série de chocs régulièrement espacés les ondes se succèdent également à intervalles réguliers & demeurent régulièrement espacées

Supposons maintenant ~~que~~ deux ondes égales rectilignes marchant ~~en sens contraire~~ dans le même sens, l'une, située en arrière A marchant plus vite que l'autre située en avant B. Il arrivera un moment où les deux élévations & les deux dépressions ~~et~~ coïncidant ajouteront leurs effets : on aura une ~~dépression~~ élévation double suivie d'une dépression deux fois plus profonde que celle qu'eut produit séparément chaque onde

A B.

Si ~~les~~ plusieurs ondes plus rapides A se succèdent, on aura à certains moments des ondes égales circulant ~~[illegible]~~ dans

le liquide, & à d'autres moments, on verra des élévations & des dépressions beaucoup plus marquées.

Si au contraire ~~les~~ deux ~~vibrations~~ ondes égales marchent en sens contraire, il arrivera que la dépression de l'une correspondra à l'élévation de l'autre, & les deux effets s'annuleront

Si donc ~~comme tout à l'heure~~, nous supposons une série d'ondes rectilignes égales, régulièrement espacées marchant en sens inverse d'une autre série d'ondes égales entre elles & égales aux premières, & présentant aussi entre elles la même distance que les précédentes, nous verrons par moments le liquide tout entier en mouvement & à d'autres instants, quand toutes les ondes simultanément se trouveront superposées deux à deux, tout le liquide paraîtra au repos.

Quand deux ondes s'annulent ainsi; on dit qu'elles Interfèrent

A B C

En considérant une onde isolée, nous appellerons la distance AC qui sépare le commencement de l'élévation de la fin de la dépression, nous l'appellerons la Longueur de l'onde considérée
La distance AB ou BC sera la Demi longueur d'Onde

Supposons maintenant deux séries d'ondes ~~égales~~ & de même sens, également espacées, mais les unes marchant plus vite que les autres. Nous observerons les faits suivants:

(1°) Toutes les fois que les deux séries se superposeront, ou toutes les fois que la distance de 2 ondes des 2 séries sera égale à un nombre entier de longueurs d'onde nous aurons le maximum d'agitation du fluide

(2°) Toutes les fois au contraire que la distance ~~des~~ de deux ondes des 2 séries sera égale à un nombre impair de demi-longueurs d'onde on aura le minimum d'agitation

On peut résumer ces 2 faits ainsi:

si $l - l' = n\lambda$ ou $2n\frac{\lambda}{2}$ on a le maximum

si $l - l' = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ on a le minimum,

(n) étant un nombre entier & (λ) la longueur d'onde
(l) est la distance d'une onde au centre d'ébranlement, (l') est la distance de l'autre onde au même centre

J. Copin

Application de ces Principes — Les faits que nous venons d'exposer peuvent, après de légères modifications s'appliquer à l'Acoustique & à l'Optique :

En Acoustique nous aurons encore des ondes ~~mais~~ elles seront produites par un corps en vibrations, & influenceront l'air, & elles auront une longueur beaucoup plus considérable que les ondes liquides. Leurs vibrations seront aussi plus rapides. Nous n'aurons plus des élévations & des dépressions, nous aurons des augmentations ou des diminutions de pressions.

Battement des Sons. — Il est facile de remarquer, dans bien des circonstances, notamment en écoutant jouer de l'orgue, que certains sons prolongés ~~son rend~~ ne nous arrivent pas avec la même intensité continue : à des intervalles réguliers, ils nous paraissent plus forts puis plus faibles : on semble percevoir des battements réguliers

Ce fait se comprend aisément après ce que je viens de dire : toutes les fois que les vibrations se superposeront ou quand on aura $l-l' = n\lambda$, le son aura son maximum d'intensité, quand au contraire on aura $l-l'=(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ le son sera à son minimum

L'addition de 2 sons peut produire un son moins intense :

~~Si un corps en vib~~ Mettons en vibration un corps quelconque de manière à lui faire produire un son assez puissant & entretenons les vibrations d'une façon régulière pour avoir un son continu & d'intensité ~~tou~~ constante. Les vibrations vont se transmettre à l'air environnant, dans toutes les directions. Supposons maintenant que d'une direction déterminée le son soit réfléchi : les vibrations vont marcher en sens inverse des premières, elles vont interférer à certains endroits, & la superposition de ces deux sons pourra produire parfois ~~des~~ une intensité plus grande que celle du son produit par le corps en vibration, mais parfois aussi ~~les~~ il se produira une diminution très sensible de l'intensité du son.

En Optique, nous avons des exemples plus fréquents
Les Interférences lumineuses trouvent leur application dans un grand nombre de cas. Ici; ni élévations ni dépressions, ni compression ni dilatation. Ondes très longues - vibrations très rapides.
On les produit facilement au moyen des ~~miroirs~~ miroirs de Fresnel, ou au moyen du Biprisme.

Principe des Interférences - (Miroirs de Fresnel & Biprisme.)

Fresnel a démontré que la superposition de deux rayons lumineux peut produire l'obscurité. Il faut pour cela:
1°) que les 2 sources de lumière ne soient pas indépendantes l'une de l'autre
2°) que les rayons soient presque parallèles

On emploie 2 miroirs plans AB, BC faisant entre eux un angle voisin de 180°. Un point lumineux I placé en ~~avant~~ avant, envoie des rayons IM, IN qui sont réfléchis en r, r' sont sensiblement parallèles. Ces 2 rayons r, r' semblent émaner de deux sources I' I'' respectivement symétriques de I, par rapport aux miroirs BC & AB. De plus ces deux sources subissent toujours & en même temps les mêmes variations.

On a encore recours à un prisme double, un Biprisme P. derrière lequel on place le point lumineux I. Les 2 rayons réfractés ~~jouissent de la m~~ semblent émaner des sources fictives I' & I'' Ils jouissent des mêmes propriétés que ~~les miroirs~~ ceux qui sont réfléchis par les miroirs précédents.
Ces rayons n'étant pas rigoureusement parallèles vont se croiser dans l'espace & ils vont interférer.
Ici encore on aura le maximum d'éclairement quand $l-l' = n\lambda$ & le minimum quand $l-l' = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$

En opérant en lumière monochromatique, si l'on place un écran perpendiculairement à IH, on observera des bandes alternativement brillantes & obscures.

En lumière blanche, ~~les diverses lumi... constatés~~ on observe des bandes colorées irisées: C'est que les diverses lumières simples constituant la lumière blanche sont inégalement réfrangibles, & là où le rouge par exemple produit l'obscurité, une autre couleur (jaune, vert, violet...) donnera une bande lumineuse. C'est la superposition de ces franges qui produit l'irisation.

J. Copin

Action de la réflexion d'un milieu + réfringent.

Il est à remarquer que si au lieu de deux miroirs on emploie les rayons émis par la lumière I & ceux de son image dans un seul miroir, on obtient bien encore des franges, mais, en lumière monochromatique, elles sont obscures là où avec les 2 miroirs, ou le biprisme, elles étaient lumineuses, & réciproquement.

Il faut donc admettre que la réflexion du rayon dans l'air sur le verre a produit le même effet qu'un retard égal à une demi longueur d'onde $\frac{\lambda}{2}$

On a remarqué en outre que ce fait ne se produit pas dans la réflexion de la lumière au sein d'un corps sur un autre corps moins réfringent, comme par exemple dans le verre, sur l'air

Anneaux Colorés.

Plaçons sur une lame de verre plane, une lame de verre plan convexe, reposant sur la première par sa convexité. Éclairons ce système par en haut au moyen d'une lumière monochromatique, et examinons-le en nous plaçant au dessus du verre plan. Nous verrons un centre noir & tout autour des cercles alternativement obscurs & lumineux. En voici la raison :

Soit une direction d b. les rayons qui la suivent proviennent de ad après réflexion sur le plan cd. ils ont subi par le fait de cette réflexion un retard de $\frac{\lambda}{2}$. leur chemin est plus long que celui des rayons qui, suivant la même direction d b, proviennent de cm après réflexion en m.

Donc, dans la direction considérée les 2 rayons pourront produire la lumière ou l'obscurité suivant que leurs effets s'ajouteront ou s'annuleront

En éclairant le système par dessous, nous aurons encore des anneaux, mais le centre sera lumineux.

En lumière blanche nous aurons des anneaux irisés. L'explication de la coloration est la même que pour les interférences

Lames minces.

Les lames minces présentent des phénomènes de coloration d'une grande intensité. La cause est la même que celle qui produit les anneaux colorés. Je ne m'y arrêterai donc pas.

Action d'une lame d'épaisseur ~~sur la~~ telle qu'elle produise un retard égal à $\frac{\lambda}{2}$ ~~sur la~~ ~~plaie entre ... sur la~~ ~~lumière polarisée~~ sur la lumière polarisée.

L'analyseur & le polariseur étant à extinction, si l'on interpose entre eux une lame transparente, la lumière monochromatique n'est pas rétablie :

1° Si la matière est amorphe

2° si elle est cristallisée dans le système cubique

3° si ~~elle~~ bien qu'étant cristallisée dans un autre système ~~oblique~~ elle est d'épaisseur telle que les rayons transmis par le polariseur subissent un retard égal à une demi longueur d'onde, ...

La cause de ce dernier fait est encore l'interférence. Ajoutons qu'une telle lame est facile à distinguer d'une autre rentrant dans l'un des 2 premiers cas (amorphe ou cubiq.) en effet : si elle ne rétablit pas la lumière rouge par exemple, elle n'agira plus de même sur la lumière jaune dont la longueur d'onde est plus petite. D'autre part, absorbant la lumière rouge, cette lame donnera, en lumière blanche, une teinte verte, complémentaire du rouge absorbé.

En Polarisation Chromatique.

On sait qu'un cristal biréfringent uniaxe taillé perpendiculairement à cet axe & placé entre un analyseur & un polariseur laisse voir en lumière monochromatique convergente une croix noire & des anneaux alternativement lumineux et obscurs.

La croix noire ~~a~~ a une cause autre que celle qui nous intéresse ici. Je la laisse de côté :

Quant aux anneaux : c'est encore par les interférences qu'on explique leur formation :

Un rayon ab. ⊥ normal à la lame cristalline, pénètre dans celle-ci suivant l'axe optique & la lumière n'est pas rétablie. Les rayons voisins, arrivant obliquement rétablissent la lumière. Un peu plus loin en ac, les rayons arrivant plus obliquement traversent la lame suivant une épaisseur plus grande, il peut arriver qu'ils subissent un retard de $\frac{\lambda}{2}$ & la lumière n'est pas rétablie en ces points

En lumière ~~blanche~~ composée, on aura encore une croix noire, & des anneaux irisés. — Même explication pour ces anneaux que pour la coloration des franges.

L'Analyse Spectrale

Action d'un prisme sur la lumière blanche.

Un faisceau de lumière blanche, de lumière solaire par exemple, tombant sur un prisme de verre le traverse, & en sort réfracté; de plus si sur son passage on interpose un écran ~~on obtient~~ perpendiculaire au rayon réfracté, on obtient une image ~~allongée~~ & colorée de vives couleurs & allongée perpendiculairement aux arêtes du prisme. Cette image constitue le spectre de la lumière employée. On y peut distinguer 7 couleurs principales : Violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange, rouge;

Quelques principes rappelés.

Les différents rayons colorés sont simples & diversement réfrangibles.
Les différentes couleurs sont caractérisées par leur longueur d'onde, ou par le nombre de leurs vibrations par seconde.
Avec un prisme de sel gemme on a montré des rayons calorifiques obscurs infra-rouges & des rayons chimiques obscurs ~~ultra~~ ultra-violets

Principe du Spectroscope
Spectre pur (Newton)

Ces rayons ~~se~~ superposent plus ou moins.
Pour obtenir un spectre pur, c'est-à-dire dans lequel les diverses couleurs se superposent aussi peu que possible, on y emploie un faisceau lumineux provenant d'une fente ~~étroite~~ très étroite. Une lentille convergente est placée à une distance de cette fente égale à ~~sa foyer un peu plus que~~ la distance focale, ~~& l'image aérienne produite est dirig~~ les rayons lumineux ~~provenant de l'image aérienne produite~~ en sortent parallèles & pénètrent dans le prisme.

Examen du Spectre

A la sortie de ce prisme, les rayons séparés les uns des autres traversent une lentille & vont former en arrière de celle-ci une image aérienne allongée & colorée. On examine cette image au moyen d'une loupe.

L'ensemble de la fente & de la lentille qui l'accompagne constitue un Collimateur. Ce système produit le même effet qu'une lumière placée à l'infini.

La lentille qui reçoit le spectre & la loupe avec laquelle on examine l'image de ce spectre constituent une lunette.

Micromètre

Ajoutons qu'en même temps que le spectre, & superposé à celui ci, on voit l'image d'un micromètre divisé en parties égales extrêmement serrées. On aperçoit cette image par réflexion sur la face du prisme par laquelle sort la lumière réfractée. Nous en verrons l'emploi tout à l'heure.

Spectre Solaire ~ Si avec cet appareil nous examinons un faisceau de lumière solaire, nous voyons un spectre brillant, mais non pas continu : il est sillonné de ~~bandes~~ raies obscures parallèles aux arêtes du prisme, ~~Bandes~~ raies que l'on retrouve toujours à la même distance les unes des autres.

Ces raies qui avaient échappées à Newton ont été remarquées d'abord par Fraunhofer puis étudiées par divers expérimentateurs notamment par Kirchhoff qui a déterminé leur place. ~~Elles~~ à l'aide du micrometre dont j'ai parlé. Elles sont extrêmement nombreuses. Nous en donnerons plus loin l'explication.

Spectres des ~~cot~~ solides & des liquides incandescents

Si nous examinons le spectre fourni par la lumière émanée d'un corps solide ou liquide incandescent, nous pouvons remarquer qu'il n'y a absolument aucune raie obscure. Le spectre est continu

Spectres des Gaz. Le spectre des gaz incandescents est formé de quelques bandes lumineuses, séparées par des intervalles obscurs. Si l'on compare la place des bandes par rapport aux divisions du micromètre on constate qu'elle est caractéristique pour chaque gaz en particulier. Elles se produisent avec quelques centimètres cubes de gaz, lorsqu'on enferme celui-ci dans un tube de Geissler & qu'on y fait passer l'étincelle électrique.

C'est donc là un moyen d'une grande exactitude & aussi d'une très grande sensibilité pour l'analyse des gaz

Spectres des Vapeurs – Métalloïdes & métaux

Les vapeurs ~~incandes~~ ~~comm~~ incandescentes, donnent, comme les gaz un spectre discontinu, & comme les gaz aussi, chaque spectre est caractéristique pour un corps donné. Les uns, comme Na, Li, etc donnent un spectre peu compliqué, d'autres au contraire comme le Fer ~~donn~~ fournissent une grande quantité de raies lumineuses. C'est là aussi un mode précieux d'analyse

En effet, un bec Bunsen brûlant avec excès d'air donne une flamme très peu éclairante ~~& un spectre~~ dont le spectre est à peine visible. Si l'on y introduit des traces d'un sel volatil, notamment d'un chlorure, aussitôt le spectre du métal du sel apparait avec une si grande intensité, qu'il masque ~~et~~ complètement celui de la flamme.

Le sodium donne une raie jaune caractéristique, la raie D. qu'on a pu dédoubler.

Le Lithium fournit une bande rouge magnifique & une bande jaune différente de celle du sodium
Le strontium fournit 2 bandes rouges & une bande dans le bleu. — etc.

C'est en se basant sur l'apparition de raies nouvelles n'appartenant pas aux métaux connus que Kirchhoff & Bunsen découvrirent & isolèrent le Caesium & le Rubidium

Crookes signale une raie verte inconnue; Lamy traite le produit qui donne cette bande & en retire le Thallium.

C'est en se basant sur des considérations analogues que Mr Lecoq de Boisbaudran a été amené à la découverte du Gallium

Action de la température.

En chauffant progressivement un bloc de fer on voit que les raies rouges apparaissent les premières puis les raies jaunes; les raies vertes ne se montrent qu'au blanc, & les raies violettes à une température plus élevée encore.

Spectre des flammes.

Les flammes de nos appareils d'éclairage contiennent toutes du carbone incandescent aussi donnent-elles un spectre continu.

Le spectre de l'arc électrique, lorsque les électrodes sont assez loin pour qu'on évite leur action propre, est variable avec la nature même de ces électrodes, ce qui démontre le transport de la substance de ces électrodes, transport plus accentué du pôle positif au pôle négatif.

Expériences du renversement des raies.

~~Le spectre solaire donne en D une raie noire.~~

Plaçons devant le spectroscope un Bruleur Bunsen dans la flamme duquel nous mettons une ~~cuvette~~ coupelle de platine ~~dans~~ contenant NaCl. Nous observerons au spectroscope une raie jaune très brillante la raie D du sodium ~~Si nous savons que le spectre solaire~~ Si alors, au delà ~~de~~ du Bunsen nous plaçons une source lumineuse très intense & donnant un spectre continu, nous verrons se produire à la place de la raie brillante D une raie obscure.

C'est donc que les vapeurs de sodium ont la propriété de n'émettre que de la lumière jaune, mais qu'elles ont aussi celle d'absorber ~~les lumi~~ rayons jaunes d'une autre source plus intense. Ce fait a été généralisé par M. Kirchoff: Tout corps émettant une lumière donnée a la propriété d'absorber les ~~mêmes~~ rayons lumineux identiques provenant d'une source lumineuse plus intense

Application à la lumière solaire.

Ce sont ces expériences qui ont ~~admis à~~ conduit M. Kirchoff à admettre que le soleil est formé d'un noyau ~~lum~~ d'une intensité lumineuse considérable, entouré d'une photosphère gazeuse incandescente. ~~Ce sont les corps contenus dans cette photosphère qui absorbent~~

Seuls, Les corps contenus dans la photosphère ~~émettraient~~ donneraient certaines bandes lumineuses, mais placés en avant d'une source de lumière plus puissante, ils absorbent les rayons correspondant à ces bandes lumineuses, ce qui, au spectroscope se traduit par des bandes obscures.

~~De~~ D'après ces considérations, on a pu faire l'analyse de la photosphère du soleil, & y constater la présence de l'hydrogène, & de la plupart de nos métaux

Spectre des Planètes

La lumière des planètes étant la lumière du soleil réfléchie, donne naturellement le même spectre que la lumière solaire

Sp. des étoiles.

On a constaté que le spectre des diverses étoiles est quelquefois peu différent de celui ci.

Raies telluriques.

On avait constaté aussi que certaines raies devaient être attribuées à notre atmosphère : en effet, on en compte davantage quand le soleil ~~étant~~ est à l'horizon, alors qu'il traverse une couche d'air plus considérable, que lorsqu'il est très haut, vers le milieu du jour.

M. Janssen a démontré qu'elles sont dues à la vapeur d'eau contenue dans l'air, en ~~interceptant~~ plaçant entre une vive lumière & le spectroscope, une couche épaisse de vapeur d'eau.

Application à la toxicologie

Si devant une lumière donnant un spectre continu, on place une petite cuve plate, à faces parallèles, contenant quelques traces de sang dans de l'eau salée, on obtient un spectre caractéris~~tique~~é ~~il~~ par deux bandes obscures, placées entre la raie D & la raie ~~E~~ du spectre solaire. à ~~bords~~ bords estompés

Si alors on traite le sang par un réducteur, par AzH^4S en particulier, l'hémoglobine réduite donne au lieu des deux bandes de tout à l'heure une bande beaucoup plus large, placée un peu plus vers le rouge & à bords moins estompés. C'est la bande de Stockes.

Dans le cas d'empoisonnement par ~~le~~ l'oxyde de Carbone l'hémoglobine donne deux bandes noires différentes des deux bandes que donne l'hémoglobine ordinaire, & de plus ~~elle~~ on ne peut pas ~~obtenir~~ obtenir alors la bande de Stockes, par les réducteurs.

On a donc là un moyen précieux 1° pour reconnaître des traces de sang. 2° pour caractériser, avec quelques gouttes seulement de ce liquide un empoisonnement par CO^2 (le reste du sang pouvant servir à la recherche des autres poisons.)

Applications diverses.

On peut encore rechercher au spectroscope, s'il y a de la chlorophylle dans telle ou telle plante parasite qui semble à première vue, n'en point contenir : une solution éthérée du suc de

la plante fournit en effet un système de bandes obscures caractéristiques.

En métallurgie, dans la fabrication du fer par exemple, on peut reconnaître dans les vapeurs qui sortent du fourneau, la présence d'un corps déterminé : C'est au spectroscope que Bessmer a suivi la marche des réactions qui l'ont conduit à la méthode ~~aujourd~~ de fabrication aujourd'hui si employée.

Enfin, la constance de la position des raies lumineuses a été employée dans la mesure des indices de réfraction. Avec la raie D du sodium, par exemple on a un point de repère net et bien déterminé pour observer la déviation minima.

Paris, 6 Juillet 1892.

J. Copin

